DATA 4 Milan S.p.A.
Sede: Piazza E. Duse, 2
20122 Milano
data4milan@legalmail.it

Procedimento Unico D.P.R. 160/2010 art. 7_L.R. 12/2005 art. 97

Nuova costruzione di edificio produttivo ad uso Data Center
via Monzoro
20007 Cornaredo MI

Indagini ambientali

Documento: ES A RA 10 Invarianza Idraulica

Data
Ottobre 2024

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV GL = ISO 9001 = = ISO 14001 = = ISO 45001 =

COMMITTENTE:	PROGETTO:
DATA 4 Milan S.p.A. *Piazza E. Duse, 2* **20122 - Milano**	***PROCEDIMENTO UNICO D.P.R. 160/2010 ART.7_L.R. 12/2005 ART. 97*** ***NUOVA COSTRUZIONE DI EDIFICIO PRODUTTIVO AD USO DATA CENTER*** ***VIA MONZORO*** ***20007 CORNAREDO MI***

Relazione di invarianza idraulica

BON.2024.CLI.127	*dicembre 2024*	*Prima emissione*	*L. Politanò*	*L. Politanò*	*P. Mauri*
COMMESSA	*DATA*	*REV*	*REDATTO*	*VERIFICATO*	*APPROVATO*

ambiente s.p.a.
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

Sede di Milano
via Tibullo 2 – 20151 Milano
Tel. 0245473370
Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali
Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) - Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617
Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax 055/7134442
Roma Via L. Robecchi Brichetti, 6 - 00154 Roma (RM) - Tel. 06/45678571
Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

SOMMARIO

1. GENERALITÀ 3
2. INTRODUZIONE 3
2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3. INQUADRAMENTO DEL SITO 3
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA 4
4.1. Inquadramento geomorfologico 5
4.2. Inquadramento idrogeologico 5
4.3. Inquadramento idrografico 6
5. RISCHIO ALLUVIONI 8
6. INVARIANZA IDRAULICA – CARATTERISTICHE GENERALI 9
7. SCELTA DL METODO DI CALCOLO 11
8. METODO DELLE SOLE PIOGGIE – RICHIAMI TEORICI 12
8.1. Onda entrante 12
8.2. Onda uscente 12
8.3. Volume di laminazione e tempo di svuotamento dell'invaso 12
9. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO 13
10. DATI IN INPUT 18
10.1. Sistema di laminazione 18
10.2. Aree scolanti 18
11. CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E TEMPI DI SVUOTAMENTO 19
11.1. Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione 20
11.2. Verifica de franco di sicurezza Tr100 21
11.4. Calcolo del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione 22
12. VERIFICA VASCA DI LAMINAZIONE CON TR500 22
13. ACQUE DI PRIMA PIOGGIA 23
14. CONCLUSIONI 23

1. GENERALITÀ

Il presente documento è parte integrante della richiesta per il rilascio di Permesso di Costruire Convenzionato (PdCC) ai sensi dell'art. 58 delle NTA del PGT vigente del Comune di Cornaredo nell'ambito di **Procedimento Unico D.P.R. 160/2010 art. 7, L.R.12/2005 art. 97** per la costruzione di un nuovo edificio produttivo ad uso Data Center in Cornaredo, via Monzoro.
Il progetto è stato redatto da Lombardini22 S.p.A., con sede a Milano in via Lombardini n.22.

2. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce lo studio dell'invarianza idraulica e idrologica relativa all'intervento di realizzazione di un nuovo polo di alta tecnologia in Comune di Cornaredo (MI). La relazione riporta le stime quantitative dei volumi di acque meteoriche che si generano nel sito ed espone le soluzioni che potranno essere adottate per garantire l'invarianza idraulica ai sensi della normativa vigente.

2.1. Normativa di riferimento

- Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8
  Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 'Legge per il governo del territorio').
- LR 23/11/2017 n.7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 - Legge per il governo del territorio".
- D.Lgs. n.152/2006 "Testo unico ambientale".

3. INQUADRAMENTO DEL SITO

L'area in esame è localizzata nella zona industriale a sud del comune di Cornaredo e presenta una superficie complessiva pari circa a 2.3 ha.

Figura 1 Inquadramento su ortofoto dell'area in progetto

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area in oggetto, inserita nel territorio della Città Metropolitana di Milano, mostra la presenza di sedimenti di origine prevalentemente fluvio-glaciale; in particolare in superficie prevalgono litotipi ghiaioso-sabbiosi che diminuiscono di granulometria portandosi da Nord verso Sud in accordo con le teorie deposizionali tipiche dei bacini di questo tipo.
In profondità si assiste al passaggio litologico (da sedimenti grossolani a fini) e tale passaggio è posto in corrispondenza di un cambiamento di facies in quanto si passa da depositi fluviali a depositi fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera; questa unità sedimentaria viene attribuita al Villafranchiano ed è stata oggetto di una profonda revisione in altre zone dell'Italia Settentrionale, anche per quanto riguarda l'importanza dal punto di vista idrogeologico. Tali caratteri si riflettono sulla distribuzione delle caratteristiche idrogeologiche, in quanto in superficie si ritrovano corpi intercomunicanti di elevata permeabilità e spessore, mentre procedendo in profondità la permeabilità diminuisce i corpi permeabili diventano sempre più isolati. L'unità è litologicamente definita da depositi fluvioglaciali, in particolare ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, ciottoli centimetrici, prevalentemente arrotondati e subordinati strati e lenti sabbiosi di spessore centimetrico. Dal punto di vista sedimentologico si osservano accenni di stratificazione sub-orizzontale, legati ad accrezione sommitale in ambiente fluviale a canali intrecciati.

4.1. Inquadramento geomorfologico

Il territorio comunale di Cornaredo è geomorfologicamente suddivisibile in due settori, un ambiente cosiddetto di "alta pianura", che interessa l'area nord-occidentale del comune, e un ambiente definito come "media pianura idiomorfa" che interessa la maggior parte del territorio urbanizzato e agricolo a sud. La linea di suddivisione tra i due ambienti è circa corrispondente alla cosiddetta "linea dei fontanili", elemento caratterizzante del territorio. Ulteriori elementi geomorfologici da segnalare sono alcuni paleoalvei che attraversano il territorio comunale con andamento NNW- SSE, come l'attuale rete idrografica. Nella zona di studio prevalgono preferibilmente un ambiente media pianura idiomorfa.

4.2. Inquadramento idrogeologico

Nel sottosuolo è possibile distinguere due unità idrogeologiche principali.
Dalla superficie in profondità, si distingue una prima unità ghiaioso-sabbiosa caratterizzata da un'alternanza di ghiaie e sabbie, spesso cementate soprattutto nella porzione meno profonda (Ceppo), e da rare intercalazioni argillose. Si tratta del cosiddetto "acquifero tradizionale", contenente la falda libera, molto produttivo per l'elevata permeabilità dei depositi che lo costituiscono, di origine alluvionale e fluvioglaciale, sedimentato in ambienti ad alta energia. La permeabilità di tale acquifero aumenta soprattutto dove il Ceppo lascia il posto alle ghiaie e alle sabbie sciolte.
In generale le zone caratterizzate dall'affioramento dei depositi fluvioglaciali più antichi, come il territorio preso in considerazione, presentano anche una minor produttività dei pozzi. Danno origine così ad aree di convergenza delle linee di flusso idrico rispetto alle zone di alimentazione, caratterizzate da elevata permeabilità alla infiltrazione delle acque meteoriche. La seconda litofoni segue in profondità, in corrispondenza dei depositi di transizione attribuiti al "Villafranchiano". È costituita da argille e limi con livelli e lenti sabbioso e/o ghiaiose. Vi possono essere presenti anche livelli torbosi, che indicano ambienti di sedimentazioni di tipo palustre, e fossili. I livelli permeabili all'interno di questa seconda unità sono localmente intercomunicanti e l'acquifero presente è del tipo in pressione, con produttività in genere limitata. A volte l'acquifero profondo è collegato con l'acquifero superficiale, a causa di discontinuità e variazione in spessore dei livelli argillosi di separazione, tanto da poter essere considerati nell'insieme un unico acquifero multistrato. D'altro canto, a scala locale, possono esistere all'interno dello stesso acquifero superficiale livelli di materiali fini capaci di creare suddivisioni dell'acquifero, con la formazione di falde sospese.
Vi sono rappresentate quattro classi di soggiacenza, con intervalli di:

- inferiore a 2 m dal p.c.
- tra 2 e 4 m dal p.c.
- tra 4 e 6 m dal p.c.
- oltre 6 m dal p.c.

Nell'area di studio è presente una soggiacenza con intervalli tra 2 e 4 m dal p.c.

Il valore di soggiacenza appare di notevole importanza ai fini della valutazione della scelta progettuale migliore per la gestione delle acque meteoriche.

4.3. Inquadramento idrografico

Il territorio comunale è attraversato da un'asse, orientato parallelamente all'abitato di Cornaredo, verso cui tendenzialmente convergono le acque di superficie.
Tale linea ideale demarca, allo stesso tempo, la zona dove si concentra la maggior parte dei fontanili, ad ovest e sud-ovest dell'abitato, dalla restante pianura irrigua.
Per quanto concerne la loro origine, le acque superficiali che attraversano il territorio comunale possono essere suddivise nei seguenti gruppi:

- acque direttamente derivate dall'Olona;
- acque derivanti dal canale Villoresi;
- acque di risorgiva (fontanili).

Acque derivate dall'Olona.

Attraversano solo marginalmente il territorio comunale ma rivestono una certa importanza andando ad irrigare l'area più interessante ed a maggior potenzialità agricola, posta a nord-est dell'abitato di Cornaredo.

La derivazione dall'Olona si ha nei pressi dell'abitato di Vighignolo, dal quale il canale primario scende verso Cornaredo in direzione sud sud-est.

Passata l'autostrada il canale segna per un breve tratto il confine nordorientale del Comune, per poi suddividersi in più rogge adacquatrici che irrigano tutti i terreni a nord della strada comunale della Ghisolfa, da cui il grosso delle acque residue viene convogliato nel cavo dell'ex Fontanile Oscuro.

Acque del Villoresi.

Il Villoresi coi suoi derivatori rappresenta la fonte storicamente ed attualmente più importante di acque per l'agricoltura. Il territorio comunale di Cornaredo viene lambito da due derivatori primari del canale, il Villoresi secondario di Bareggio, ad ovest, ed il Villoresi secondario Valle Olona-Settimo a est.

I due relativi comprensori irrigui comprendono la totalità delle superfici agricole comunali, intersecandosi lungo una linea che dalla Cascina Croce, a nord-ovest, passa ad est di S. Pietro all'Olmo per poi seguire i principali fontanili a sud del Canale scolmatore.

Le canalizzazioni secondarie di distribuzione appaiono, in alcune aree interrotte, deviate o, quantomeno, in cattivo stato di conservazione, tanto da preludere ad un venir meno delle possibilità di irrigazione.

Acque di risorgiva, i fontanili.

I fontanili rappresentano uno degli elementi di maggior pregio ed interesse del territorio comunale.

Il loro valore può essere considerato da molteplici punti di vista: in primo luogo per la loro importanza ecologica come fonti di acque di elevata qualità e come elemento di variabilità e di seminaturali dell'interno di un territorio altrimenti altamente monotono e antropizzata.

Dal punto di vista idraulico, il territorio comunale di Cornaredo è interessato dalla presenza dell'importante Canale Scolmatore Nord-Ovest, oltre che da una fitta rete di canali afferenti al RIM Reticolo Idrico Minore, quasi del tutto derivante da emergenze di acqua sotterranea.

Lungo il confine Ovest dell'area in oggetto si rileva la presenza di un tratto di canale afferente al RIM.

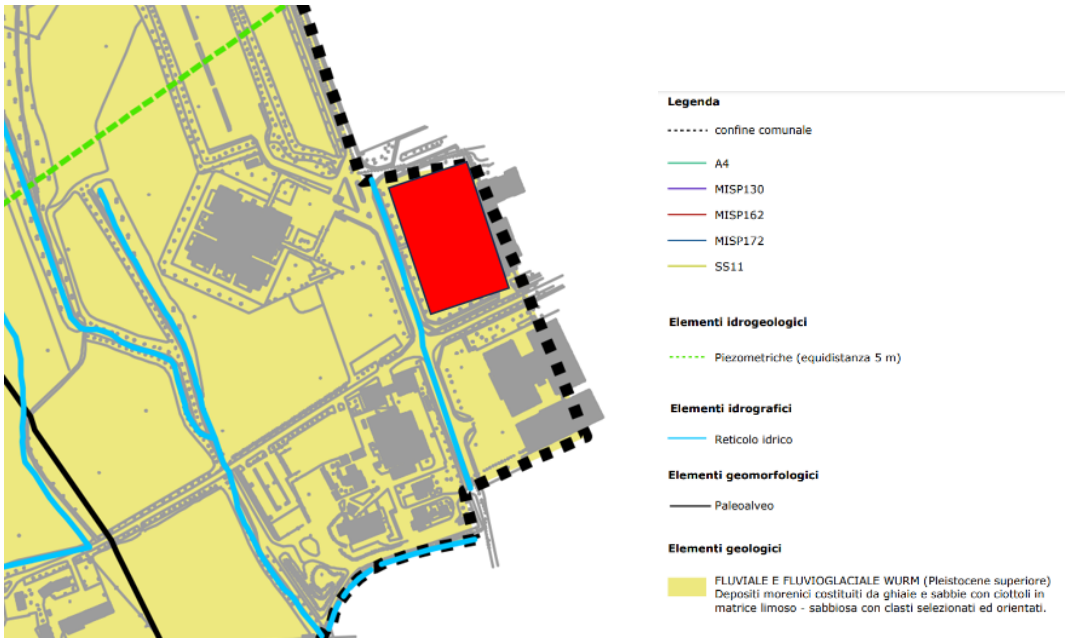


Figura 2 Estratto inquadramento geoterritoriale – PUGSS Comune di Cornaredo

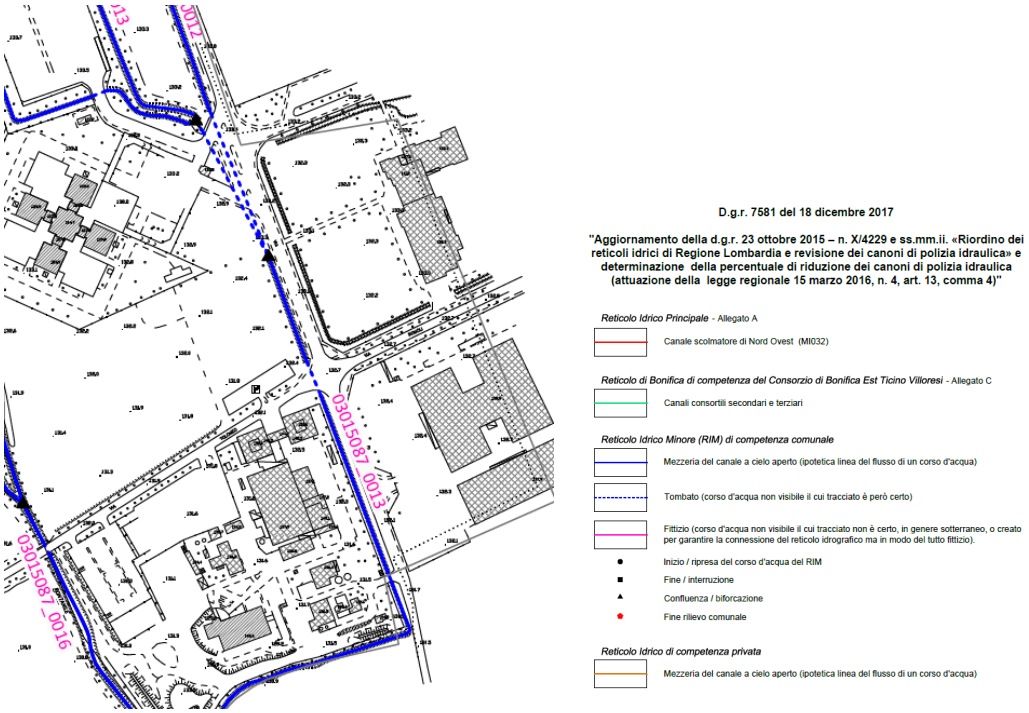

03015087_0013
03015087_0016
D.g.r. 7581 del 18 dicembre 2017
"Aggiornamento della d.g.r. 23 ottobre 2015 – n. X/4229 e ss.mm.ii. «Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica» e determinazione della percentuale di riduzione dei canoni di polizia idraulica (attuazione della legge regionale 15 marzo 2016, n. 4, art. 13, comma 4)"
Reticolo Idrico Principale - Allegato A
Canale scolmatore di Nord Ovest (MI032)
Reticolo di Bonifica di competenza del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi - Allegato C
Canali consortili secondari e terziari
Reticolo Idrico Minore (RIM) di competenza comunale
Mezzeria del canale a cielo aperto (ipotetica linea del flusso di un corso d'acqua)
Tombato (corso d'acqua non visibile il cui tracciato è però certo)
Fittizio (corso d'acqua non visibile il cui tracciato non è certo, in genere sotterraneo, o creato per garantire la connessione del reticolo idrografico ma in modo del tutto fittizio).
Inizio / ripresa del corso d'acqua del RIM
Fine / interruzione
Confluenza / biforcazione
Fine rilievo comunale
Reticolo Idrico di competenza privata
Mezzeria del canale a cielo aperto (ipotetica linea del flusso di un corso d'acqua)

Figura 3 Estratto DGR 7581 del 12.12.2017

5. RISCHIO ALLUVIONI

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legislazione italiana, per identificare e pianificare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (Decreto Legislativo n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, 'Direttiva Alluvioni'). Il PGRA viene redatto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni sei anni.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Fiume Po (PGRA-Po) è stato redatto per il Distretto Idrografico del Fiume Po, ovvero il territorio interessato dall'esondazione di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente allo sbocco in mare.

Dall'analisi delle mappe della pericolosità e di rischio emerge che l'area non rientra in un'area soggetta a rischio alluvionale.

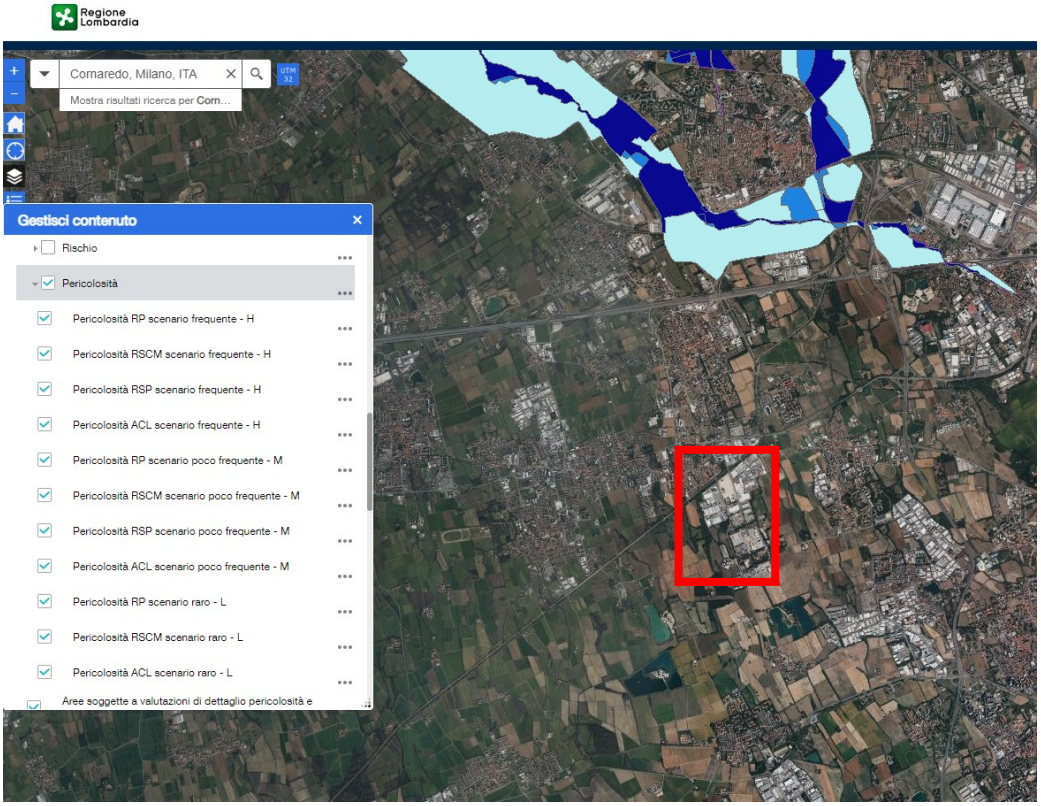

Regione Lombardia
Cornaredo, Milano, ITA
Mostra risultati ricerca per Corn...
Gestisci contenuto
Rischio
Pericolosità
Pericolosità RP scenario frequente - H
Pericolosità RSCM scenario frequente - H
Pericolosità RSP scenario frequente - H
Pericolosità ACL scenario frequente - H
Pericolosità RP scenario poco frequente - M
Pericolosità RSCM scenario poco frequente - M
Pericolosità RSP scenario poco frequente - M
Pericolosità ACL scenario poco frequente - M
Pericolosità RP scenario raro - L
Pericolosità RSCM scenario raro - L
Pericolosità ACL scenario raro - L
Aree soggette a valutazioni di dettaglio pericolosità e

Figura 4 Estratto Piano Gestione Rischio Alluvioni

6. INVARIANZA IDRAULICA – CARATTERISTICHE GENERALI

Come accennato inizialmente in premessa, la norma sull'invarianza idraulica (RR 07/2017) definisce modalità e vincoli per la progettazione della rete di raccolta e delle strutture di laminazione delle acque meteoriche nelle nuove progettazioni che prevedono nuove aree impermeabilizzate.

L'obiettivo è quello di predisporre una rete di drenaggio che funzioni esclusivamente per gravità (senza necessità di stazioni di pompaggio per rilanci intermedi) e che riduca al minimo i costi di gestione e di manutenzione della rete.

Sono state individuate due diverse tipologie di aree scolanti che saranno dotate di una rete di nuova realizzazione:

- aree impermeabili (coperture, viabilità, piazzali, parcheggi);
- aree permeabili (aree verdi).

Le aree verdi non saranno dotate di rete di drenaggio dedicata, ma i loro volumi di deflusso sono stati considerati in egual misura per la verifica idraulica dei sistemi di laminazione e delle reti di drenaggio.

Le vasche di laminazione saranno interrate o posizionate in aree verdi; questa posizione riduce al minimo le potenziali interferenze con altri servizi sotterranei e i disagi durante la manutenzione periodica/di emergenza.
La rete di drenaggio di nuova costruzione sarà costituita da tubi in PVC interrati e caditoie grigliate.
Lo scarico finale delle acque meteoriche sarà costituito da uno scarico con bocca tarata in un canale che scorre nei pressi del sito, secondo i limiti definiti dal Regolamento Regionale.
Le acque di dilavamento (nello specifico le acque di prima pioggia, quindi quelle cadute nei primi 15 minuti dell'evento) dei piazzali, dei parcheggi e della viabilità saranno soggette a trattamento di disoleazione in coerenza con la normativa ambientale che prevede appunto, il trattamento delle acque di dilavamento delle superfici interessate dal transito/deposito dei veicoli prima della loro immissione nel corpo ricettore.
Al sistema di trattamento delle acque meteoriche si affiancherà il sistema di raccolta glicole nel caso di sversamenti accidentali in copertura realizzato mediante un bypass sulla rete che colletta i pluviali.
La presenza di un sistema di controllo automatizzato consentirà l'individuazione immediata di eventuali perdite e l'attivazione del bypass sulla rete di collettamento dei pluviali, in modo tale da deviare il flusso in entrata verso la vasca di emergenza il cui svuotamento sarà garantito mediante intervento esterno (le cui modalità saranno descritte in uno specifico piano di manutenzione).

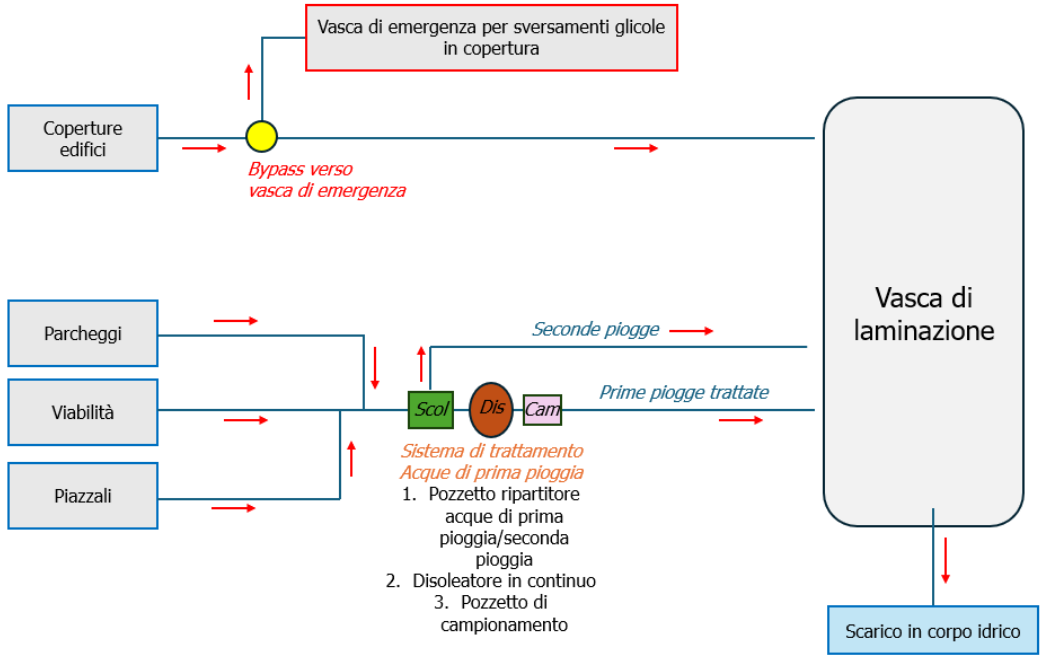


Figura 5 Schema riassuntivo di tutte le reti di raccolta acque meteoriche

7. SCELTA DL METODO DI CALCOLO

Ai fini dell'individuazione della modalità di calcolo del volume da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica occorre far riferimento all'art. 9 del Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017, in cui sono indicate le modalità di calcolo da adottare in funzione dell'estensione dell'intervento e della criticità idraulica assegnata al sito.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 6 Modalità di calcolo dei volumi da gestire in funzione di classe d'intervento ed ambito territoriale

Il comune di Cornaredo ricade nell'area B, ovvero aree a media criticità secondo quanto riportato nell' Allegato C "ELENCO DEI COMUNI RICADENTI NELLE AREE AD ALTA, MEDIA E BASSA CRITICITÀ IDRAULICA, AI SENSI DELL'ART. 7 DEL RR N.7/2017":

Comune	Provincia	Criticità idraulica
Cornaredo	MI	B

La superficie totale oggetto di nuova costruzione è di circa 2.3 ha.
Il coefficiente di deflusso medio ponderale è pari a 0.83.
La superficie scolante è pari circa a 1.92 ha.
Pertanto, tale intervento rientra nella classe di intervento "impermeabilizzante potenziale alta".

Nel caso specifico, come descritto nei capitoli successivi, la soluzione adottata prevede la realizzazione di vasche di laminazione con bocca tarata in funzione dei limiti allo scarico come da Art. 7 del Regolamento Regionale.
Nel caso di aree ricadenti in aree di tipo B è previsto quindi un limite allo scarico in corpo idrico superficiale pari a 20l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Si esclude l'adozione del limite 10l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile previsto per i Piani Attuativi in quanto l'area è già dotata delle opere di urbanizzazione primaria.

8. METODO DELLE SOLE PIOGGIE – RICHIAMI TEORICI

8.1. Onda entrante

L'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa Q0(f) nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q0 pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante (Qe) e il volume di pioggia complessivamente entrante (We) sono pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1} \qquad W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

In cui:

- S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso
- D è la durata di pioggia
- a = a1wT e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (*desunti da ARPA Lombardia*)
- ϕ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino.

8.2. Onda uscente

Anche l'onda uscente Qu(t) è un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante Qu,lim. La portata costante in uscita ed il volume totale uscito durante la durata D dell'evento sono pari a:

$$Q_{u,lim} = \frac{k}{2} \cdot J \cdot A_f \qquad W_u = Q_{u,lim} \cdot D$$

8.3. Volume di laminazione e tempo di svuotamento dell'invaso

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, il volume di laminazione ΔW è dato, per ogni durata di pioggia D considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Di conseguenza, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione (W0), cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{\lim} \cdot D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva We(D), concava verso l'asse x, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta Wu(D) e indica come la distanza verticale ΔW tra queste due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento critico di durata DW critica per la laminazione.

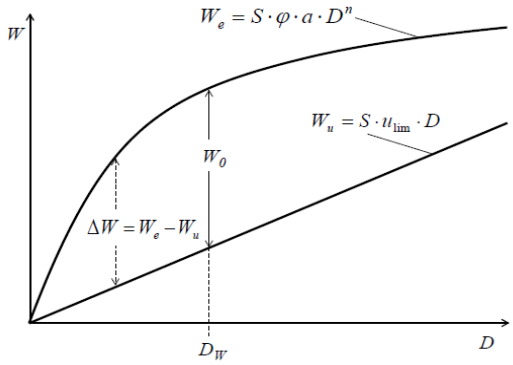


Figura 7 Figura 6 Individuazione (con il metodo delle sole piogge) dell'evento critico DW e del corrispondente volume critico stratificato W0, ovvero quello che massimizza il volume invasato

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume W_0, che coincide con il volume minimo considerato per la progettazione dell'invaso:

$$D_W = \left(\frac{Q_{u,\lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \qquad W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^{\,n} - Q_{u\max} \cdot D_w$$

In conformità all'Art.11 comma 2 lettera "f" del regolamento, il sistema idraulico composto dal bacino di laminazione dimensionato con la procedura sopra descritta deve garantire lo svuotamento completo del bacino di laminazione in un intervallo temporale di massimo 48 ore (tempo di svuotamento).

9. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

I parametri caratteristici delle curve di pluviometria per la determinazione della precipitazione di progetto, validi per il sito in esame, sono stati individuati attraverso il

Sistema Informativo Idrologico SIDRO di ARPA Lombardia (https://idro.arpalombardia.it/it/map/sidro/).
Nel dettaglio, per l'area in esame è stata individuata la curva di possibilità pluviometrica espressa nella seguente forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\langle 1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k \right\rangle$$

dove:

- h è l'altezza delle precipitazioni;
- D è la durata;
- a1 è il coefficiente orario di piovosità;
- wT è il coefficiente probabilistico relativo al tempo di ritorno T;
- n è l'esponente della curva (parametro di scala);
- α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Di seguito viene descritta la procedura per la determinazione dei parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per il sito di interesse.
Il primo passo è identificare i parametri caratteristici delle linee di segnale di possibilità pluviometrica per durate di pioggia 1-24 ore (LSPP 1-24 ore).

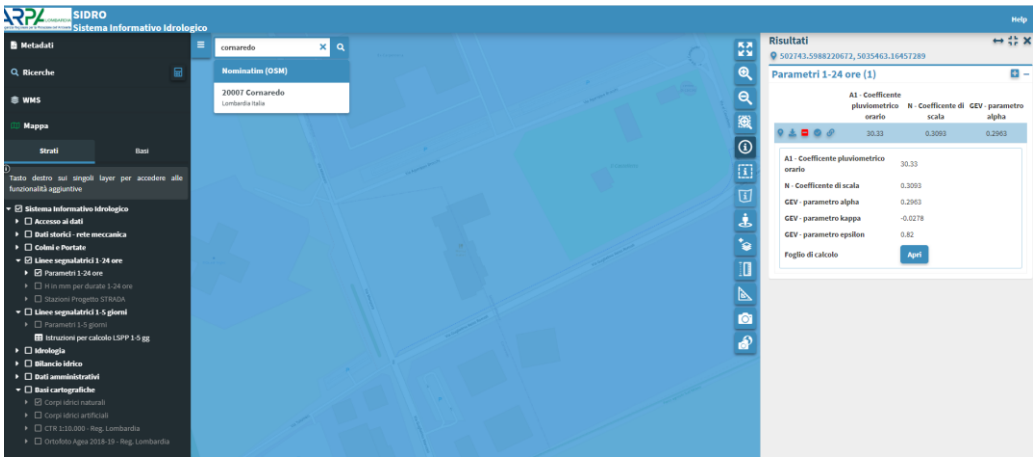


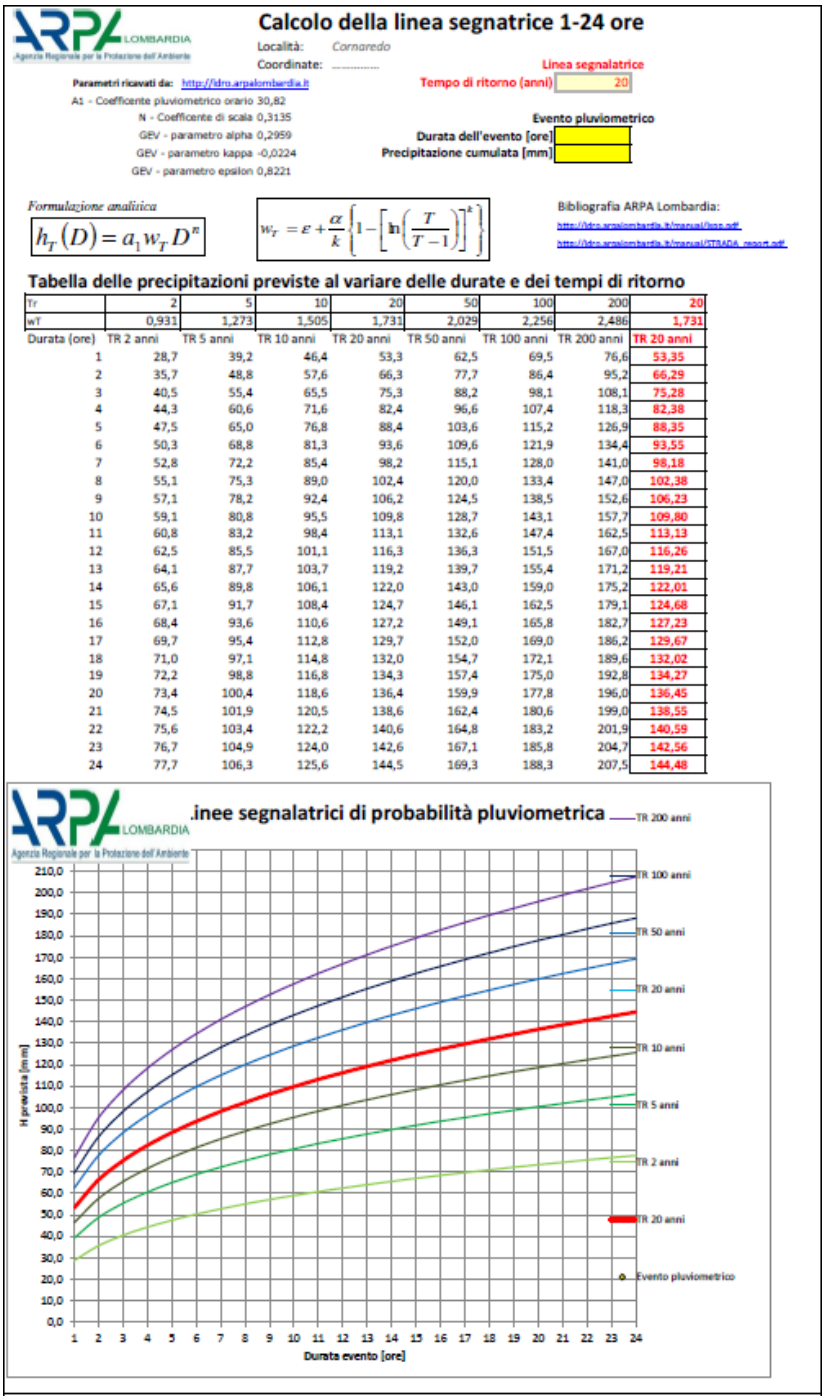
Figura 8Individuazione dell'area interessata dal progetto con associati parametri caratteristici delle LSPP 1-24 ore

Figura 9 Parametri caratteristici dei LSPP 1 -24 ore per l'area di progetto

Individuati i parametri caratteristici del sito in esame, attraverso l'applicativo proposto da ARPA Lombardia sono stati successivamente determinati gli LSPP 1-24 ore per i tempi di ritorno adottabili per il dimensionamento e la verifica idraulica delle opere progettate.

Nello specifico sono stati considerati i seguenti valori di tempo di ritorno come da normativa regionale sull'invarianza idraulica:

- Tr = 20 anni: tempo di ritorno adottato per il dimensionamento e la verifica idraulica della rete di drenaggio delle acque meteoriche allo scarico finale.
- Tr = 50 anni: tempo di ritorno adottato per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica (bacino di infiltrazione) al fine di raggiungere un grado di sicurezza accettabile delle stesse.
- Tr = 100 anni: tempo di ritorno adottato per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere di invarianza idraulica e idrologica (bacino di infiltrazione).
- Si riportano nelle figure seguenti le curve di possibilità pluviometrica per Tr sopra elencati.



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Cornaredo
Coordinate: .....

Linea segnalatrice
Tempo di ritorno (anni) 20

Parametri ricavati da: http://idro.arpalombardia.it
A1 - Coefficente pluviometrico orario 30,82
N - Coefficente di scala 0,3135
GEV - parametro alpha 0,2959
GEV - parametro kappa -0,0224
GEV - parametro epsilon 0,8221

Evento pluviometrico
Durata dell'evento [ore]
Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\left\{1 - \left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:
http://idro.arpalombardia.it/manuali/Ipaz.pdf
http://idro.arpalombardia.it/manuali/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	20
wT	0,931	1,273	1,505	1,731	2,029	2,256	2,486	1,731
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 20 anni
1	28,7	39,2	46,4	53,3	62,5	69,5	76,6	53,35
2	35,7	48,8	57,6	66,3	77,7	86,4	95,2	66,29
3	40,5	55,4	65,5	75,3	88,2	98,1	108,1	75,28
4	44,3	60,6	71,6	82,4	96,6	107,4	118,3	82,38
5	47,5	65,0	76,8	88,4	103,6	115,2	126,9	88,35
6	50,3	68,8	81,3	93,6	109,6	121,9	134,4	93,55
7	52,8	72,2	85,4	98,2	115,1	128,0	141,0	98,18
8	55,1	75,3	89,0	102,4	120,0	133,4	147,0	102,38
9	57,1	78,2	92,4	106,2	124,5	138,5	152,6	106,23
10	59,1	80,8	95,5	109,8	128,7	143,1	157,7	109,80
11	60,8	83,2	98,4	113,1	132,6	147,4	162,5	113,13
12	62,5	85,5	101,1	116,3	136,3	151,5	167,0	116,26
13	64,1	87,7	103,7	119,2	139,7	155,4	171,2	119,21
14	65,6	89,8	106,1	122,0	143,0	159,0	175,2	122,01
15	67,1	91,7	108,4	124,7	146,1	162,5	179,1	124,68
16	68,4	93,6	110,6	127,2	149,1	165,8	182,7	127,23
17	69,7	95,4	112,8	129,7	152,0	169,0	186,2	129,67
18	71,0	97,1	114,8	132,0	154,7	172,1	189,6	132,02
19	72,2	98,8	116,8	134,3	157,4	175,0	192,8	134,27
20	73,4	100,4	118,6	136,4	159,9	177,8	196,0	136,45
21	74,5	101,9	120,5	138,6	162,4	180,6	199,0	138,55
22	75,6	103,4	122,2	140,6	164,8	183,2	201,9	140,59
23	76,7	104,9	124,0	142,6	167,1	185,8	204,7	142,56
24	77,7	106,3	125,6	144,5	169,3	188,3	207,5	144,48

Figura 10 Curve di possibilità pluviometriche per Tr=20,50,100 anni

Attraverso le curve di possibilità pluviometrica ottenute, è stato possibile ricavare i relativi coefficienti "a" e "n" in funzione del tempo di ritorno e della durata delle precipitazioni attraverso la seguente relazione:

- $a = a1 \cdot wT$

Dove:

- a1 è il coefficiente pluviometrico orario determinato;
- wT è il coefficiente probabilistico relativo al tempo di ritorno T;
- n è l'esponente della curva (parametro di scala).

Poiché i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica determinati attraverso il portale di ARPA Lombardia si riferiscono a durate di pioggia maggiori dell'ora (1-24 ore), per le durate inferiori all'ora sono stati utilizzati tutti i parametri indicati da ARPA ad eccezione del parametro n per il quale si è adottato il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.
Si riporta, nella tabella di seguito, il prospetto riepilogativo dei parametri "a" ed "n" utilizzati come dati di input per i calcoli idraulici delle opere previste da progetto

	Tr=20 anni D<1 ora	**Tr=50 anni D≥1 ora**	**Tr=100 anni D≥1 ora**
a	1,731	2,04	2,27
wT	52,69	61,90	68.97
n	0,31	0,31	0,31
	Tr=20 anni D<1 ora	**Tr=50 anni D≥1 ora**	**Tr=100 anni D≥1 ora**
a	1,731	2,04	2,27
wT	52,69	61,90	68.97
n	0,50	0,5	0,5

Tabella 1 Parametri "a" e "w_T" in funzione di tempo di ritorno (Tr)

Dalle curve di possibilità pluviometriche su ricavate è possibile ricavare le intensità pluviometriche:

durata (h)	***TR = 20***	**TR = 50**	***TR = 100***
0,167	129,08	151,65	168,94
0,25	105,39	123,82	137,94
0,50	74,52	87,55	97,54
1,00	52,70	61,91	68,97

3,00	24,67	28,99	32,29
6,00	15,29	17,96	20,01
12,00	9,47	11,13	12,40
24,00	5,87	6,89	7,68

Tabella 2 Calcolo intensità pluviometriche

10. DATI IN INPUT

10.1. Sistema di laminazione

Come anticipato nei capitoli precedenti il sistema di laminazione delle acque meteoriche adottato per il sito in esame è rappresentato da vasche di laminazione in cls. La vasca si svuoterà mediante scarico a bocca tarata in un canale artificiale secondo i limiti del regolamento riportati nei prossimi capitoli.

Figura 11 Esempio di vasca di laminazione in cls prefabbricato

10.2. Aree scolanti

Si riporta di seguito l'elenco delle aree scolanti con l'indicazione della relativa superficie.

Con riferimento all'art. 11, comma 2 del Regolamento, per il calcolo della superficie scolante impermeabile S e per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale Φ si possono adottare i valori standard del coefficiente di deflusso:

- 1,0 per tutte le sub-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,7 per tetti verdi, giardini pensili e le aree verdi sovrapposte a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del Regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;
- 0,3 per le aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

	Sup reale (mq)	***Φ***
COPERTURE	9.870	1
PIAZZALI E STRADE	7.599	1
VERDE	5.821	0,30
totale	23.290,00	0,87

Tabella 3 Definizione aree scolanti e superfici

11. CALCOLO DEI VOLUMI DI LAMINAZIONE E TEMPI DI SVUOTAMENTO

Con riferimento alla procedura di calcolo descritta nei capitoli precedenti, si illustra l'applicazione della procedura per il calcolo e verifica del volume di laminazione.

I calcoli verranno presentati per step successivi:

- Determinazione dell'onda entrante Qe e dell'onda uscente Qu;
- Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione;
- Calcolo del tempo di svuotamento.

Dalle planimetrie di progetto sono state ricavate le seguenti superfici scolanti:

	Sup reale (mq)	***Φ***	***Sup scolante (mq)***
COPERTURE	9.870	1	9.870,00
PIAZZALI E STRADE	7.599	1,00	7.599,00
VERDE	5.821	0,30	1.746,30
totale	23.290,00	0,83	19.215,30

Tabella 4 Riepilogo coefficienti per determinazione dell'onda entrante (Qe) e dell'onda uscente (Qu)

Come indicato al capitolo precedente l'onda entrante è data dall'input pluviometrico. L'onda uscente è invece legata ai limiti sulla portata in uscita imposti dal RR. Nel caso in esame, con riferimento alla superficie scolante di cui alla Tabella 6 si ha:

Qu max Portata scaricabile in CIS (l/s)	**38,4**	***da limite 20ls/ha***

11.1. Determinazione dell'evento critico che massimizza il volume di laminazione

Nel grafico seguente sono raffigurati gli andamenti delle curve caratteristiche del volume entrante $W_e(D)$ e del volume uscente $W_u(D)$ in funzione della durata della pioggia D, considerando un tempo di ritorno pari a 50 anni.

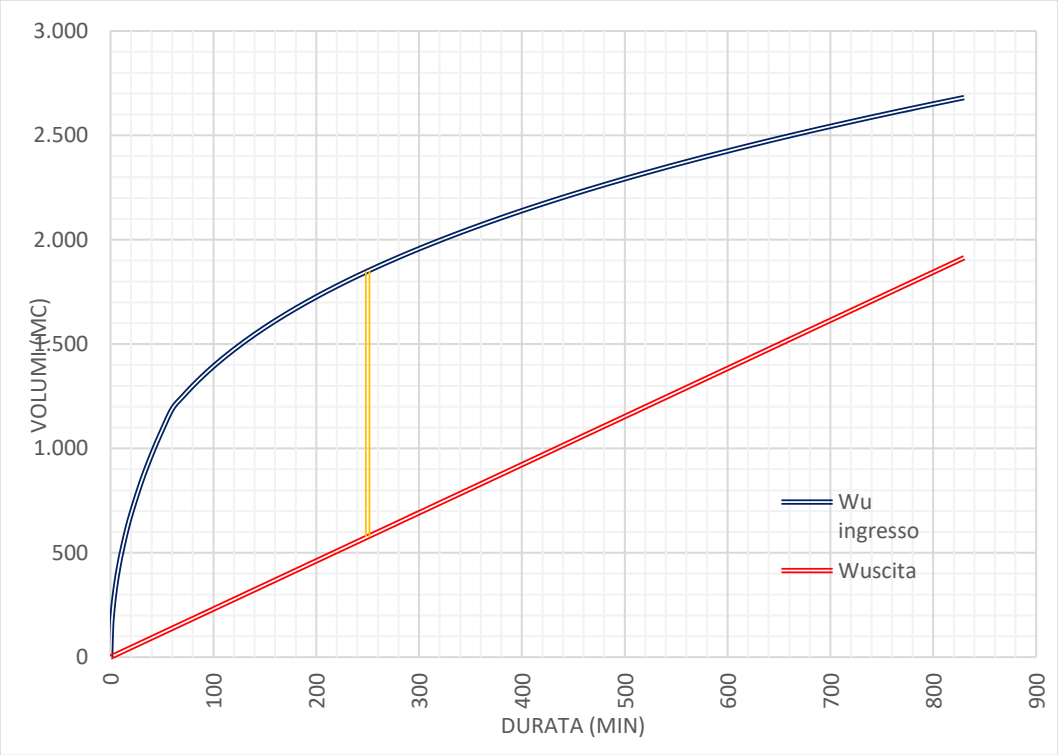


Figura 12 Determinazione dell'evento critico DW e del corrispondente volume critico W0 di laminazione – TR=50

Dal calcolo si ricava che la durata dell'evento critico D_W che massimizza il volume di invaso (ossia la differenza tra We e Wu) è pari a 250 minuti.

In corrispondenza di tale durata è possibile determinare il valore del volume di laminazione con cui dimensionare la vasca di laminazione:

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV V invaso	TR
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
250	96,26	1.849,70	576,46	1.273,24	*50*

Al fine di garantire un franco di sicurezza è necessario che la vasca di laminazione garantisca un volume pari a 1408 mc. Realizzando una vasca di dimensioni 440 mq per una profondità di 3.20m è garantito un franco di 0.32m. Il grado di riempimento della vasca è pari al 90% compatibilmente con il corretto funzionamento del sistema.

11.2. Verifica de franco di sicurezza Tr100

Come previsto da regolamento regionale il sistema di laminazione dimensionato con un tempo di ritorno pari a 50 anni deve essere opportunamente sovradimensionato per garantire condizioni di funzionamento in sicurezza anche in caso di eventi con tempo di ritorno pari a 100 anni.

A tal fine è stato calcolato il volume necessario a coprire un evento con Tr pari a 100 anni.

Durata	h pioggia progetto	We	Wu	ΔV V invaso	TR
(min)	(mm)	(mc)	(mc)	(mc)	(anni)
290	112,28	2.157,50	668,69	1.488,81	*100*

Calcolando la differenza tra il volume corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 100 anni e il volume dell'invaso dimensionato con il tempo di ritorno pari a 50 anni si ottiene un tirante aggiuntivo di acque pari a 0.18m.
Questo tirante rientra nel franco di sicurezza previsto con il dimensionamento al Tr 50 anni (0.30m) che pertanto si rileva idoneo.

11.3. Verifica del requisito minimo

Il volume ottenuto dall'applicazione del metodo delle sole piogge deve essere confrontato con il *volume minimo* richiesto dal regolamento regionale all'Art.12, che prevede, per le aree identificate come a criticità B, un volume minimo di 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Il volume da adottarsi per il dimensionamento delle opere di laminazione è il massimo tra il volume minimo e il volume calcolato con il metodo delle sol piogge, di cui ai paragrafi precedenti.

Superficie scolante (ha)	Volume minimo (mc)
1.92	960.8

Volume da adottarsi (mc)
1408 (Tr50 anni)

11.4. Calcolo del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione

Il tempo di svuotamento di una vasca di laminazione viene calcolato mediante il rapporto tra il volume di massimo invaso e la portata in uscita.
Assumendo una vasca di laminazione di dimensioni 440m^2*3.2m, si ottiene:
Ts= 10.1 h
Il valore del tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione è inferiore a 48 ore e pertanto la condizione dell'art.11, comma 2, lettera f) del Regolamento Regionale n.7/2017 risulta verificata.

12. VERIFICA VASCA DI LAMINAZIONE CON TR500

Visti i recenti eventi meteorici estremi, per i quali la comunità scientifica ha calcolato tempi di ritorno maggiori rispetto a quelli normalmente utilizzati per la progettazione delle opere di laminazione delle piogge nelle nuove costruzioni, si è provveduto a fare una verifica delle opere di laminazione (vasche) qui dimensionate con un tempo di ritorno pari a 500 anni.

Poichè il tempo di ritorno utilizzato per la progettazione della vasca è pari a 50 anni e il tempo utilizzato per la verifica del franco di sicurezza è pari a 100 anni, è inevitabile che la vasca così dimensionata non sia idonea a fronteggiare un evento con tempo di ritorno pari a 500 anni.

Applicando il medesimo metodo di calcolo riportato nei capitoli precedenti si rileva un esubero di circa 635 mc di acqua meteorica in più rispetto a quanto previsto per una pioggia con tempo di ritorno pari a 50 anni. Tale volume genera un tirante idrico di circa 1.44 m sulla vasca dimensionata per il T50 che è pertanto nettamente superiore al franco di 0.30 m disponibile grazie alla differenza tra volume di pioggia da laminare (1273,24 mc) e volume garantito dalla vasca (1408 mc. Vasca di dimensione 440mq*3.2m).

Affinchè sia garantito il franco di sicurezza per un evento con tempo di ritorno pari a 500 anni è necessario che la vasca di laminazione sia dimensionata con un volume pari a 1696 mc (ipotesi vasca di dimensione 530mq*3.2m). Questo garantisce un franco pari a 0.80 m nel caso di evento con tempo di ritorno pari a 50 anni, e un franco di sicurezza pari a 0.65 m nel caso di evento cinquecentennale.

Volume da adottarsi (mc)
1696 (Tr500 anni)

13. ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Coerentemente ai requisiti di qualità previsti dalla normativa vigente relativamente alle acque immesse in corpo idrico superficiale è necessario prevedere un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia di dilavamento delle aree destinate alla viabilità.
In funzione delle superfici impermeabili di viabilità è previsto un diseoleatore che tratti un volume pari circa a 38 mc, pari ai primi 5 mm di pioggia.
Il diseoleatore può essere del tipo in continuo o del tipo in accumulo.

14. CONCLUSIONI

La portata massima scaricabile in corpo idrico ricettore per il sito in esame è limitata a 38,4 l/s.

Al fine di garantire la corretta laminazione delle piene e il franco di sicurezza è necessario che la vasca di laminazione garantisca un volume pari a 1408 mc (dimensioni 440 mq per una profondità di 3.20m). In tal modo è garantito un franco di 0.32m.
Il grado di riempimento della vasca è pari al 90% compatibilmente con il corretto funzionamento del sistema.
Calcolando la differenza tra il volume corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 100 anni e il volume dell'invaso dimensionato con il tempo di ritorno pari a 50 anni si ottiene un tirante aggiuntivo di acque pari a 0.18m.
Questo tirante rientra nel franco di sicurezza previsto con il dimensionamento al Tr 50 anni che pertanto si rileva idoneo.